

特開平6-125121

(43) 公開日 平成6年(1994)5月6日

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>

識別記号

F I

H01L 41/09

B06B 1/06

H02N 2/00

H04R 17/00

330

Z 7627-5H

B 8525-5H

H 7406-5H

9274-4M

H01L 41/08

Q

審査請求 未請求 請求項の数3 (全5頁)

(21) 出願番号

特願平4-275865

(22) 出願日

平成4年(1992)10月14日

(71) 出願人 000004260

日本電装株式会社

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 度会 武宏

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電  
装株式会社内

(72) 発明者 山本 孝史

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電  
装株式会社内

(72) 発明者 藤井 章

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電  
装株式会社内

(74) 代理人 弁理士 青木 朗 (外4名)

最終頁に続く

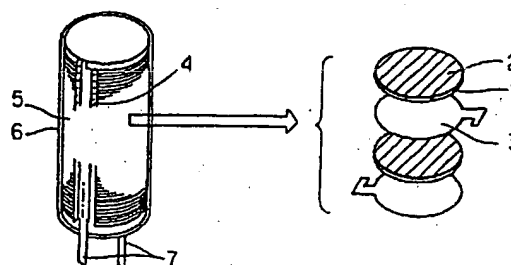
(54) 【発明の名称】 積層型ピエゾアクチュエータ

(57) 【要約】

【目的】 本発明は積層型ピエゾアクチュエータに関し、電極のマイグレーションを防止して絶縁を向上でき、長寿命化を可能にすることを目的とする。

【構成】 複数層のピエゾ素子1に電極板3を有する積層型ピエゾアクチュエータであって、電極板3と対向するピエゾ素子1の全面に非マイグレーション金属を電極として塗付し、この塗付はスパッタリングにより行う。

本発明の実施例に係る積層ピエゾアクチュエータを示す斜視図



- 1 ... ピエゾ素子
- 2 ... 非マイグレーション金属の電極
- 3 ... 電極板
- 4 ... 正・負側面電極板
- 5 ... シリコングリス
- 6 ... 絶縁チューブ
- 7 ... リード線

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数層のピエゾ素子(1)に電極板(3)を有する積層型ピエゾアクチュエータであって、前記電極板(3)と対向するピエゾ素子(1)の全面に非マイグレーション金属を電極として塗付することを特徴とする積層型ピエゾアクチュエータ。

【請求項2】 前記非マイグレーション金属をスパッタリングにより塗付する請求項1記載の積層型ピエゾアクチュエータ。

【請求項3】 前記非マイグレーション金属として、金、アルミニウム、パラジウム、白金等を使用する請求項1記載の積層型ピエゾアクチュエータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は積層型ピエゾアクチュエータに関し、特に本発明は電極のマイグレーションを防止して絶縁を向上でき、長寿命化を可能にする電極構造に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来このような分野の技術として積層型圧電素子の伸縮により移動体を駆動させる積層型ピエゾアクチュエータがある。図7は従来の積層型ピエゾアクチュエータのピエゾ素子を示す図である。積層型ピエゾアクチュエータにおける一つの層である、例えばジルコンチタン酸鉛系のセラミック片からなるピエゾ素子101には、該ピエゾ素子101の片側に塗付された銀(Ag)の電極102と、ピエゾ素子101を介して前記電極102に対向する側に位置する電極板103とが設けられる。また、このピエゾ素子101の電極102は、性能と信頼性の面から絶縁を確保するために、銀ペースト焼き付け法でピエゾ素子101の径より電極径が小さい部分に塗付して、いわゆる部分電極により形成されている。このように、積層型ピエゾアクチュエータは電極を塗付したピエゾ素子101と電極板103を交互に積層し、電気的並列・機械的直列な構造とすることにより大変位・高出力を発生し、特に高精度、高応答が要求される精密流量制御弁等のアクチュエータとして自動車、工作機械等に使用されている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら従来の積層型ピエゾアクチュエータには、上記のように電極102を塗付した場合に、該積層型ピエゾアクチュエータを駆動した時において、ピエゾ素子内部の電極強度の不均一性により電極端部で応力を発生し、クラックを誘発し、そのため絶縁低下を招きその応力によりピエゾ素子本来の特性を低下するだけでなく作動不能になるという問題がある。また積層型ピエゾアクチュエータ駆動時において、吸着した水分と銀とのマイグレーションにより絶縁性が低下し作動不能となり品質上の問題があった。このマイグレーションに関しては特開昭62-1990

01号公報に記載されたものがある。この従来技術では非マイグレーション材料であるパラジウム(Pd)をマイグレーション材料である銀に加えて、マイグレーションの発生までの時間を長くする効果があるが皆無とはならないという問題がある。またマイグレーション材料を追加する程度では正特性磁器半導体よりピエゾ素子は大きな電圧を使用するため寿命に対する効果が小さい。非マイグレーション金属をペースト焼き付け法で電極として形成するためには、フリットを多く用いる必要があり、このため圧電特性を低下させる。

【0004】したがって本発明は上記問題点に鑑み絶縁性が向上し性能を十分発揮できる積層型ピエゾアクチュエータを提供することを目的とする。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は前記問題点を解決するために、複数層のピエゾ素子に電極板を有する積層型ピエゾアクチュエータであって、前記電極板と対向するピエゾ素子の全面に非マイグレーション金属を電極として塗付する。また前記非マイグレーション金属はスパッタリングにより塗付される。

【0006】さらに前記非マイグレーション金属として、金、アルミニウム、パラジウム、白金、鉛等が使用される。

## 【0007】

【作用】本発明の積層型ピエゾアクチュエータによれば、前記電極板と対向するピエゾ素子の全面に非マイグレーション金属が電極として塗付されることにより、マイグレーションの発生を妨げ、さらにピエゾ素子内部の電場強度の不均一性による電極端部で応力が発生しクラックの誘発を妨げ積層型ピエゾアクチュエータの絶縁低下を防止でき、その長寿命化が図れる。

【0008】前記非マイグレーション金属がスパッタリングにより塗付されることにより、電極内部での電場の無用なロスを防いで変位量・発生力等のアクチュエータ特性が向上できる。

## 【0009】

【実施例】以下本発明の実施例について図面を参照して説明する。図1は本発明の実施例に係る積層型ピエゾアクチュエータを示す斜視図であり、図2はその断面図及び部分図である。本図1に示す積層型ピエゾアクチュエータは複数のピエゾ素子層をなし、そのピエゾ素子は、例えばジルコンチタン酸鉛系のセラミック片からなるピエゾ素子1であり、該ピエゾ素子1の片側の全面に非マイグレーション金属を、スパッタリングを用いて塗付した非マイグレーションの電極2と、前記ピエゾ素子1と同径の電極板3を具備する。このように、該ピエゾ素子1の片側の全面に非マイグレーション金属を塗付することによりピエゾ素子内部の電場強度の不均一性が生じないようにしてある。さらに積層型ピエゾアクチュエータは、正・負の側面電極板4と、シリコングリス5

と、絶縁チューブ6と、リード線7を具備する。本図2

(a)に示すように積層型ピエゾアクチュエータの本体には全面に非マイグレーション金属からなる電極2を塗付したピエゾ素子1と電極板3を交互に積層し、電気的並列・機械的直列な構造とする積層型圧電素子の変位を外部に伝えるプランジャ8が設けられている。本図

(b)にはA-Aからみたピエゾ素子1が示され、本図

(c)にはB-Bからみた非マイグレーションの電極2が示されている。

【0010】図3はマイグレーションの実験結果を示す図である。マイグレーション現象は一对の電極間に電位差を与えた場合、該一对の電極の正極から負極へ電極を形成する銀層がピエゾ素子1を伝わって移動することを用いる。本図に示すように、比較例C1として銀(Ag)のマイグレーションを基準とすると、電圧印加後短時間にマイグレーションにより電流が増加するが、印加電圧が大きくとも例えば例1として金(Au)、例2としてアルミニウム(Al)は電圧印加後時間経過に伴って銀のように電流が増加しない。したがって金(Au)、アルミニウム(Al)は非マイグレーション材であることが分かる。この他に電極用金属としては、パラジウム(Pd)、白金(Pt)、ニッケル(Ni)、鉛(Pb)等があるが、非マイグレーション金属としてはニッケル(Ni)を除いたパラジウム(Pd)、白金(Pt)、鉛(Pb)等がある。したがって非マイグレーション金属を用いてピエゾ素子1上に成膜することにより、積層型ピエゾアクチュエータの駆動時において、従来のように吸着した水分と電極金属とのマイグレーションを防止でき、積層型ピエゾアクチュエータのマイグレーションによる絶縁低下を防止でき、製品の長寿命化を可能とする効果がある。

【0011】これらの非マイグレーション材は従来の金属ペースト焼き付け法によるピエゾ素子1への成膜ではなく、スパッタリングによりピエゾ素子1への成膜が行われる。これは次の理由による。なおスパッタリングは周知の技術であるのでそれ自体の説明を省略する。図4はスパッタリングによるピエゾ素子への成膜を説明する。本図(a)には従来の金属ペースト焼き付けにより形成した電極101を有するピエゾ素子101の等価回路を示し、ピエゾ素子101には金属ペースト焼き付け電極102のフリッカ成分の誘電率により電圧ロスがある。この場合電源電圧を $V_0$ としてピエゾ素子101に印加される電圧を $V_1$ とする。本図(b)には金属スパッタリングにより形成した電極2を有するピエゾ素子1の等価回路を示すが、ピエゾ素子1に印加する電圧を $V_2$ とすると $V_2 \approx V_0$ である。したがって $V_2 > V_1$ が成立する。これは、従来の金属ペースト焼き付け方では成膜するためにガラス成分等のフリットが多く含まれておりこれが誘電体として働き、内部で電圧のロスがあるのに対して、スパッタリングにより成膜した電極を用い

た場合金属だけで電極を形成するため、フリットによる電極内部での電場のロスがないため変位量・発生力等のアクチュエータ特性を向上させる効果がある。具体的な非マイグレーション金属のスパッタリングについて以下に説明する。

【0012】図5は本実施例に係る積層型ピエゾアクチュエータの具体的特性を示す図である。まず非マイグレーション材である金(Au)、アルミニウム(Al)、パラジウム(Pd)、白金(Pt)、鉛(Pb)等はピエゾ素子1上に0.5~2 $\mu\text{m}$ の膜厚で成膜するのが好ましい。0.5 $\mu\text{m}$ 以下ではアクチュエータとしての特性(変位量)が小さく、2 $\mu\text{m}$ 以上では変位量が低下し始めるためである。電極材料の成膜は10A/秒~100A/秒の範囲で行った場合、同等の特性が得られるため20A/秒で1 $\mu\text{m}$ の成膜とする。そして径16mm( $\phi$ )、厚0.385mm( $t$ )のピエゾ素子1に上記の如く成膜し、56枚の積層したスタックに-200~600Vの電圧を印加した時の変位量、発生力が、図5に示すように、積層型ピエゾアクチュエータの特性として得られる。本図5では、比較例C1は従来からの銀(Ag)の特性であり、例1、2、3、4及び5はそれぞれ金(Au)、アルミニウム(Al)、パラジウム(Pd)、白金(Pt)、鉛(Pb)の特性である。本図5に示すように、アルミニウム(Al)を除き、金(Au)、パラジウム(Pd)、白金(Pt)、鉛(Pb)では銀(Ag)と比較して大きく特性が向上している。したがって選択する非マイグレーション金属によっては、変位量・出力を大幅に向上する効果がある。

【0013】図6は本実施例に係る積層型ピエゾアクチュエータの平均故障時間(MTTF)を示す図である。本図6に示すように、マイグレーション材である比較例C1の銀(Ag)は $31 \times 10^5$ 作動回数で故障するが、非マイグレーションである金(Au)、アルミニウム(Al)、パラジウム(Pd)、白金(Pt)はマイグレーションが発生せず、 $3 \times 10^8$ 作動回数においても故障が見られない。但し、非マイグレーションである鉛(Pb)は $20 \times 10^5$ 作動回数で故障するので除外する。

【0014】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、電極板と対向するピエゾ素子の全面に非マイグレーション金属を電極として塗付したので、マイグレーションの発生を妨げ、さらにピエゾ素子内部の電場強度の不均一性による電極端部で応力が発生しクラックの誘発を妨げ積層型ピエゾアクチュエータの絶縁低下を防止でき、その長寿命化が図れる。さらに非マイグレーション金属をスパッタリングにより塗付するので、電極内部での電場の無用なロスを妨げて変位量・発生力等のアクチュエータ特性が向上でき、性能、信頼性の向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例に係る積層型ピエゾアクチュエータを示す斜視図である。

【図2】本発明の実施例に係る積層型ピエゾアクチュエータの断面図及び部分図である。

【図3】マイグレーションの実験結果を示す図である。

【図4】スパッタリングによるピエゾ素子への成膜を説明する図である。

【図5】本実施例に係る積層型ピエゾアクチュエータの具体的特性を示す図である。

【図6】本実施例に係る積層型ピエゾアクチュエータの平均故障時間(MTTF)を示す図である。

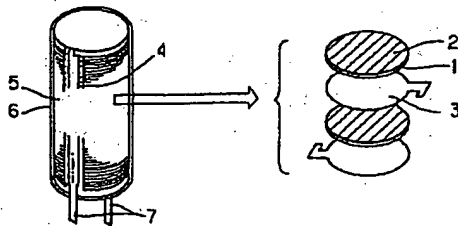
【図7】従来の積層型ピエゾアクチュエータのピエゾ素子を示す図である。

【符号の説明】

- 1…ピエゾ素子  
2…非マイグレーション金属の電極  
3…電極板  
4…正・負側面電極板  
5…シリコングリス  
6…絶縁チューブ  
7…リード線

【図1】

本発明の実施例に係る積層型ピエゾアクチュエータを示す斜視図



- 1…ピエゾ素子  
2…非マイグレーション金属の電極  
3…電極板  
4…正・負側面電極板  
5…シリコングリス  
6…絶縁チューブ  
7…リード線

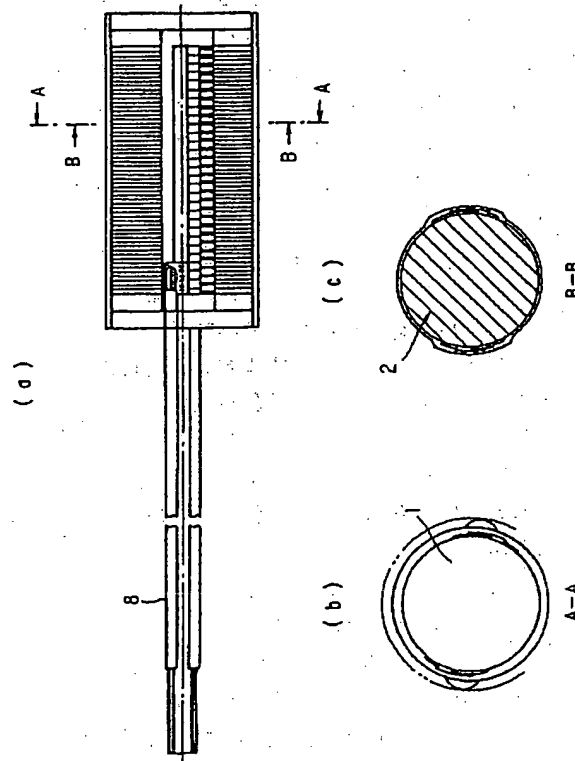
【図6】

本実施例に係る積層型ピエゾアクチュエータの平均故障時間(MTTF)を示す図

	MTTF (回)
比較例C1(Ag)	$31 \times 10^5$
例1(Au)	故障なし
例2(Al)	故障なし
例3(Pd)	故障なし
例4(Pt)	故障なし
例5(Pb)	$20 \times 10^5$

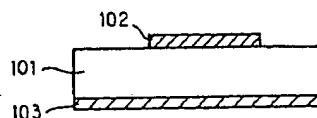
【図2】

本発明の実施例に係る積層型ピエゾアクチュエータの断面図及び部分図



【図7】

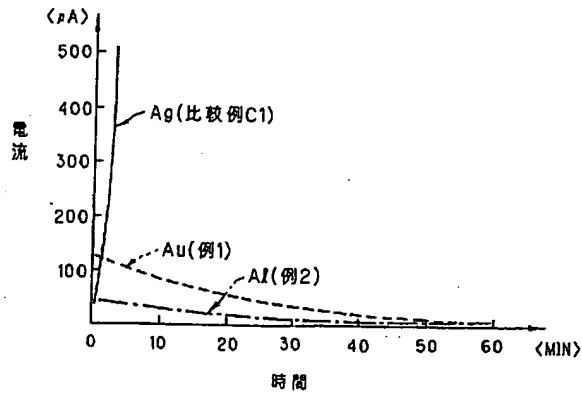
従来の積層型ピエゾアクチュエータのピエゾ素子を示す図



- 101…ピエゾ素子  
102…銀の電極  
103…電極板

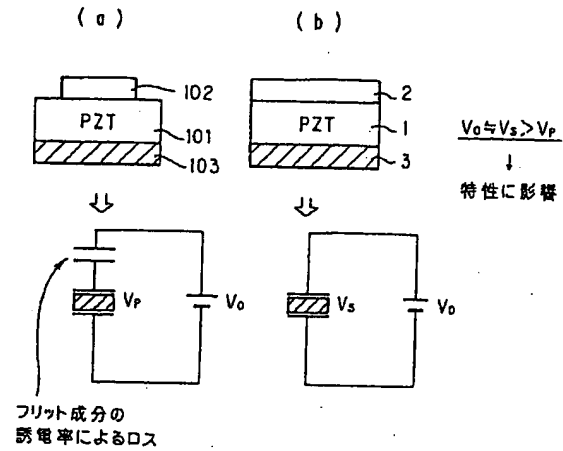
【図3】

マイグレーションの実験結果を示す図



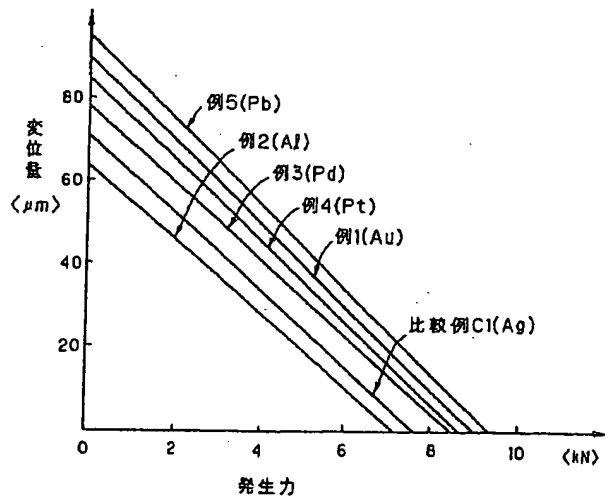
【図4】

スパッタリングによるピエゾ素子への成膜を説明する図



【図5】

本実施例に係る積層型ピエゾアクチュエータの具体的特性を示す図



フロントページの続き

(72) 発明者 富田 正弘  
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電  
装株式会社内

(72) 発明者 大沢 仁  
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電  
装株式会社内

(72) 発明者 樋口 明久  
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電  
装株式会社内

BEST AVAILABLE COPY